



Le système solaire au Cycle 3

par **La main à la pâte**



Très tôt, les enfants prennent conscience de l'existence d'un espace cosmique, à travers des situations réelles divulguées par les médias (éclipse de Soleil, transit de Vénus, découverte d'exoplanètes¹...) ou fictionnelles (*Star Wars* ou autres feuilletons télévisés). Cependant, tout cela garde pour eux un côté mystérieux et magique. En quête d'explications, mais aussi de rêves sur un monde qui s'ouvre devant eux dans toute son immensité, ils se passionnent pour l'astronomie. Dans ce domaine, le programme de l'école propose de les aider à se situer dans l'Univers, dans notre Galaxie, et plus particulièrement dans le système solaire avec une étude de la Lune et des planètes.

► PISTES DE TRAVAIL

Ce dossier comporte 4 parties qui peuvent se travailler en parallèle et

qui s'enrichissent mutuellement :

- Une partie d'**observation**, sur un temps suffisamment long.
- Une partie d'**exploration de documents**.
- Une partie de **construction de maquettes**.
- Une partie **plus littéraire** de travail sur différents types de textes portant sur l'Univers.



→ L'observation portera par exemple sur la Lune, les planètes, la Voie lactée, les constellations. On pourra également utiliser un logiciel de planétarium virtuel gratuit tel que *Stellarium* (www.stellarium.org/fr) avec ses fiches d'utilisation pour les élèves (<http://physique.paris.iufm.fr/stellarium>).

¹ Voir p. 91 la définition d'une exoplanète.

Du côté des programmes

Sciences et technologie

- Au Cycle 3, le programme préconise d'étudier : « *Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil.* »
- Travailler sur le système solaire, dans le cadre du socle commun, doit conduire les élèves à acquérir des connaissances sur :
 - l'organisation globale de l'ensemble du système solaire;
 - les propriétés physiques des planètes;
 - les caractéristiques du Soleil.

Mathématiques

- Au Cycle 3, les compétences suivantes sont à acquérir :
 - Comparer et ranger des grands nombres jusqu'au milliard et au-delà.
 - Arrondir des grands nombres.
 - Donner la valeur approchée d'un nombre décimal.
- Et dans le cadre du socle commun, pour ce qui concerne le domaine des mesures :
 - Proposer une unité plausible dans une situation donnée (la longueur de la classe est 10 m, celle de mon stylo 15 cm).
 - Proposer un ordre de grandeur plausible.

→ L'exploitation de données sera l'occasion pour les élèves d'interroger sur internet quelques sites spécialisés qui détaillent les caractéristiques des astres, améliorant ainsi leur connaissance des TIC (technologies de l'information et de la communication).

→ Le travail de représentation en modèle réduit permettra de comparer les ordres de grandeur, de se décentrer vers un modèle héliocentrique et de l'utiliser pour débattre sur une explication de l'alternance jour/nuit et des saisons.

→ Enfin, la dernière partie permettra de jouer avec différents types de

textes : scientifiques, de fiction, mythologiques, etc. Les phénomènes astronomiques étant des éléments forts du monde environnant, on constate que toutes les civilisations ont produit des légendes pour tenter d'expliquer ce qui n'était pas accessible à une connaissance scientifique.

► PARTIR DE CE QUE SAVENT LES ÉLÈVES

Tous les élèves ont des connaissances sur l'Univers, le Soleil, les galaxies, la Terre, les planètes... Il s'agira de les amener à modifier leurs représentations, à préciser leur vocabulaire, et à se poser de nouvelles questions.

Quels sont les objets que l'on peut voir dans le ciel ?

En réponse à cette question, les élèves citeront de nombreux objets, sans distinguer ce qui relève de la réalité ou de la fiction, sans se préoccuper de la distance au sol : *étoiles, étoile du Berger, constellations, planètes, comètes, astéroïdes, Lune, astres, météorites, ciel, avions, fusées, hélicoptères, vaisseaux spatiaux, satellites, feuilles, nuages, êtres humains, Martiens*, etc.

Les élèves « savent » que la Terre tourne autour du Soleil, formule apprise par cœur et qui n'est pas toujours porteuse de sens. On peut néanmoins utiliser cette connaissance pour initier un questionnement.

N'y a-t-il que la Terre qui tourne autour du Soleil ?

À cette question, les enfants proposent des réponses sur leur cahier ►►

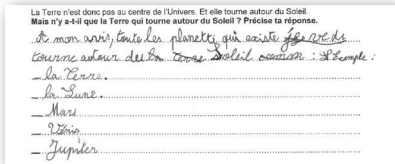


LES DIFFÉRENTS ASTRES

- Le **système solaire** est le nom donné au système planétaire composé du Soleil et des corps célestes gravitant autour de lui, dont les 8 planètes et leurs satellites naturels connus (appelés usuellement des « lunes »).
- Le **Soleil** est une étoile (corps qui émet de la lumière), au même titre que les millions d'étoiles visibles dans le ciel nocturne et qui appartient à notre **Galaxie (la Voie lactée)**. Les hommes ont organisé ces étoiles en « constellations » formant un dessin vu de la Terre; elles peuvent être très éloignées les unes des autres mais sont rassemblées par un effet de perspective. Si le Soleil nous apparaît à l'œil nu plus gros et plus brillant que les autres étoiles, c'est qu'il est considérablement plus près de nous (150 millions de kilomètres) que les autres étoiles (plusieurs dizaines d'années-lumière² pour les plus proches). Sa lumière nous éclaire et nous empêche de voir celle émise par les autres étoiles, que l'on n'aperçoit donc que la nuit.
- Les astéroïdes et les comètes sont de **petits corps** (rochers ou glace) en orbite autour du Soleil.

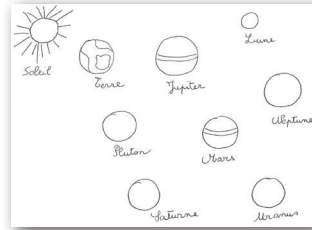
d'expériences. Le maître les incite à schématiser, notamment pour préciser la position des différents astres. On constatera alors que :

- les idées exprimées avec un texte ou un schéma ne sont pas toujours concordantes;
- la plupart des enfants citent les planètes avec un nom parfois approximatif (*Juno* ou *Vénis*);



- les dessins concernant le système solaire présentent des astres parfois avec une organisation géocentrique :

² 1 année-lumière (1 a l) est la distance parcourue par la lumière dans le vide en un an. La célérité de la lumière dans le vide valant 300 000 km/s $1 \text{ a l} \approx 300\,000 \times 365 \times 24 \times 3\,600 \approx 10^{13} \text{ km}$, soit 10 000 milliards de km.

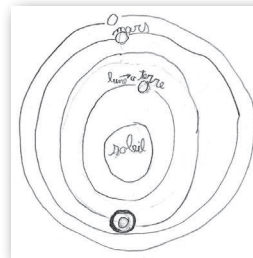


Les astres.



Les astres avec une organisation géocentrique.

- certains dessins proposent une organisation héliocentrique : les planètes (ou certaines planètes, pas forcément dans le bon ordre) sont ainsi représentées comme tournant sur des trajectoires différentes centrées sur le Soleil, avec une vue de dessus ou en perspective :



Vue de dessus.



Vue en perspective.

La définition d'une **planète** a été précisée le jeudi 24 août 2006 par l'Union astronomique internationale afin de clarifier la classification des objets tournant autour du Soleil.

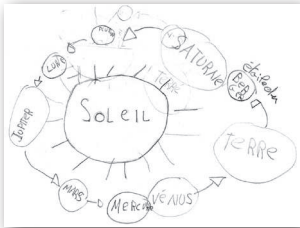
Une planète est un corps céleste qui n'émet pas de lumière propre et qui réunit trois conditions :

- il est en orbite autour du Soleil ;
- il a une masse suffisante pour être sphérique ;
- tout corps sur une orbite proche a été annexé (il s'est écrasé à sa surface ou a été satellisé).

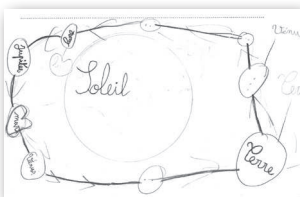
De ce fait, Pluton n'est plus une planète car de nombreux corps – qu'il n'a pas annexés – possèdent une orbite proche de la sienne. Pluton est à présent classée dans la catégorie des **planètes naines**.

Les **planètes extrasolaires** (ou exoplanètes) sont des planètes orbitant autour d'une étoile autre que le Soleil. On a détecté les premières exoplanètes en 1995, en France, à l'Observatoire de Haute-Provence. On en décompte actuellement plusieurs centaines.

- d'autres dessins figurent les planètes en chapelet, tournant autour du Soleil sur la même trajectoire « en faisant la ronde ». La Terre y est parfois représentée comme la plus grosse des planètes :



Les planètes et la Lune en chapelet.



Les planètes et la Lune faisant la ronde.

Ces représentations montrent le travail à mener aussi bien sur la Lune que sur les planètes, leur place, leurs tailles comparées, leur différence de statut, l'organisation héliocentrique des planètes.

Après compilation des différentes réponses, l'enseignant présente au tableau une synthèse illustrée par les représentations les plus significatives. L'objectif sera de classer les objets répertoriés par catégorie, évacuer ceux qui n'ont pas leur place dans l'étude du système solaire, expliciter les mots utilisés, faire apparaître des insuffisances ou contradictions, provoquer des interrogations et poser des questions. Exemples :

- Est-ce que tous les mots qui restent dans notre liste sont des planètes? ►►

Modèles géocentrique ou héliocentrique pour l'organisation du monde

• Jusqu'à la Renaissance, c'est le **modèle géocentrique** (la Terre immobile est au centre du « monde ») qui domine, même si quelques précurseurs, tel Aristarque de Samos (vers -280), avaient envisagé le mouvement de la Terre autour du Soleil. Mais ce modèle est peu compatible avec les observations sur les trajectoires des planètes (« astres errants »).

• Il faut cependant attendre Nicolas Copernic (début du XVI^e siècle) pour qu'un nouveau modèle (**modèle héliocentrique**) soit présenté, et surtout Galilée (début du XVII^e siècle) pour que cette conception s'affirme comme l'interprétation la plus cohérente et la plus efficace des observations, avec les premiers principes mécaniques justifiant ce modèle.

Johannes Kepler y apporta des précisions en introduisant des orbites elliptiques.

Si le système héliocentrique, pour l'organisation globale du système solaire, n'est plus remis en question, la référence géocentrique vaut encore ponctuellement pour les observations du ciel (ce que l'on voit de la Terre) ou les cadrans solaires par exemple, qui utilisent la trajectoire du Soleil vu de la Terre.



- ▶▶ - Avons-nous listé toutes les planètes ?
 - Quelles définitions peut-on donner à astres, étoiles, planètes, Lune ?
 - Est-ce que la Terre tourne autour du Soleil, ou est-ce le Soleil qui tourne autour de la Terre ?
 - Est-ce que toutes les planètes tournent autour du Soleil sur la même trajectoire, ou sur des trajectoires différentes ?
 - Est-ce que la Lune tourne autour du Soleil ?
- Ce sont ces interrogations qui vont initier la démarche d'investigation : d'une part par l'observation, d'autre part par l'exploitation de documents. D'autres questions naîtront en cours de route.

▶ PARTIE 1 : LES OBSERVATIONS

Ce travail doit être envisagé sur un temps relativement long, avec usage du cahier d'expériences pour noter les observations en vue d'une exploitation collective ultérieure. Cette partie prend comme référence la Terre. À défaut d'observation directe, les enfants pourront utiliser le planétarium virtuel *Stellarium*.

Observer la Lune

On se donnera comme objectif de dépasser la représentation de la Lune comme « astre de la nuit », en suivant l'évolution de ses heures de « lever » et de « coucher », de sa trajectoire dans le ciel à différents moments de l'année (la Lune passe haut dans le ciel en hiver quand le Soleil reste le plus bas sur l'horizon, et inversement en été), de sa forme. On pourra ainsi repérer la période lunaire (durée entre deux « nouvelles lunes »), qui sert de base pour certains calendriers. On pourra

aussi observer les « satellites » artificiels, comparer leurs trajectoires à celle de la Lune, s'interroger sur leur usage. Voir <http://pagesperso-orange.fr/pgi/phaselune.htm>

On constatera que la Lune se lève 50 minutes plus tard chaque jour, ou qu'elle est en retard de 50 minutes par rapport au jour précédent pour se trouver au même endroit.

Observer les planètes du système solaire

On apprendra à repérer les planètes les mieux identifiables, en s'aidant des calendriers astronomiques (www.astrosurf.com/ephemerides, rubrique : *Les phénomènes à ne pas manquer*), ou www.astrofiles.net/calendrier/2010 qui indiquent celles qui sont visibles en précisant à quelle heure et dans quelle partie du ciel.

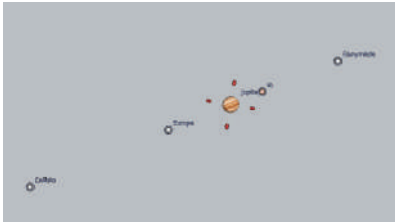
Vénus, Mars et Jupiter peuvent être facilement repérées à l'œil nu à certaines périodes de l'année :

→ Vénus, bleutée, appelée à tort étoile du Berger, peut être observée à proximité du Soleil, vers l'est le matin ou vers l'ouest le soir. C'est l'astre le plus brillant du ciel après le Soleil et la Lune. Avec une lunette, on peut distinguer les phases.

→ Mars, rougeâtre, peut aussi être vue à l'œil nu.

→ Jupiter, jaune, est très brillante : c'est le quatrième objet le plus lumineux du ciel. À la lunette, on observe ses satellites.

Mercure et Saturne ne sont guère accessibles : Mercure à cause de la proximité du Soleil, Saturne du fait de sa faible luminosité.



Jupiter et ses lunes le 27.11.2009 à 18 h dans Stellarium, ciel retouché et grisé.

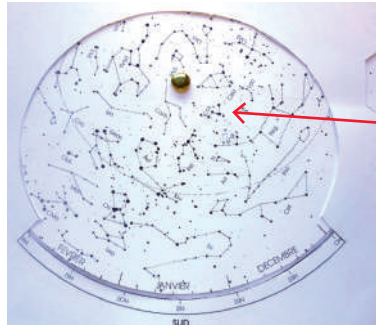
Les étoiles vues avec une lunette ne semblent pas grossies alors que les planètes le sont visiblement.

Les planètes (astres errants) n'ont pas une trajectoire d'apparence régulière dans le ciel, ce qui est dû à leur différence de vitesse de rotation sur leur trajectoire autour du Soleil; vues de la Terre, elles semblent parfois faire demi-tour (rétrogradation de Mars).

Observer les constellations et la Voie lactée

Un repérage des constellations les plus connues (Cassiopee, la Grande Ourse, Orion...) peut être fait en s'aidant d'une carte du ciel que l'on positionne par rapport à un cadre selon la date et que l'on oriente en la tenant au-dessus de sa tête.

Un travail sur la perspective peut également être initié pour faire comprendre que les étoiles rapprochées dans un même dessin, vues de la Terre, ne sont pas forcément proches en réalité dans l'Univers.



Cassiopee en forme de W

Carte du ciel.

L'observation des constellations du zodiaque (proches du cercle éclipstique) permettra d'opérer une distinction nette entre *astronomie* (sciences des astres) et *astrologie* (vendue comme divination du futur fondée sur des représentations légendaires du ciel).

Le mot *zodiaque* vient du grec *zōdiakos* : « cercle des petits animaux ». Ainsi, toutes les constellations du zodiaque (sauf la Balance, anciennement partie du Scorpion) évoquent des créatures vivantes.

On repérera aussi la Voie lactée :



Dessin d'enfant de la Voie lactée.

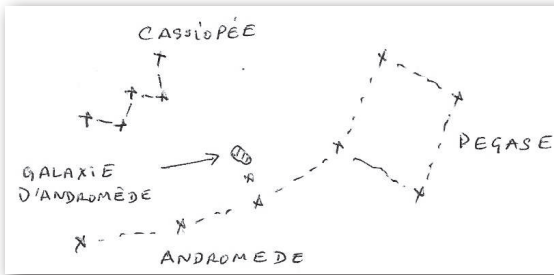




La Voie lactée, ruban blanchâtre qui traverse tout le ciel, correspond à une direction d'observation dans le plan de notre Galaxie. On y voit beaucoup plus d'étoiles que dans une autre direction, du fait de la forme aplatie de la Galaxie. De ce fait, on ne les distingue plus aussi bien que lorsqu'elles sont peu nombreuses sur le ciel sombre. La Voie lactée est aussi le nom de notre Galaxie.

Voir une autre galaxie

Au-delà de notre Galaxie, il en existe d'autres, beaucoup plus loin. L'une des plus proches, la galaxie d'Andromède (à 2 millions d'années-lumière), peut s'apercevoir à l'œil nu dans un ciel clair ou avec des jumelles, en se repérant avec les étoiles qui constituent la constellation d'Andromède. Elle est perçue comme une tache blanchâtre en remontant après Mirach, dans la constellation d'Andromède.

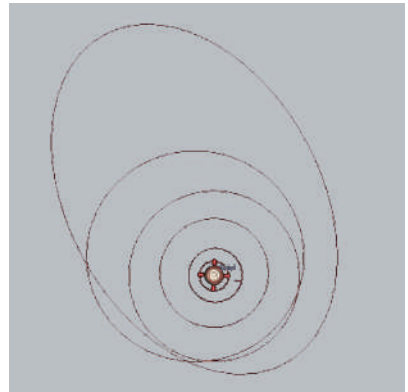


Comment trouver la galaxie d'Andromède ?

Ces observations constituent une première familiarisation avec le ciel, les différents objets qu'on y voit et les variations périodiques.

Changer de point de vue : passer d'un modèle géocentrique pour les observations à un modèle héliocentrique

Avec le logiciel de planétarium virtuel *Stellarium*, on peut changer la position de l'observateur pour le placer au-dessus du système solaire (fenêtre de positionnement, dans le menu déroulant *Planète*, choisir *Solar System Observer*) puis chercher les planètes (fenêtre de recherche) et observer leur mouvement.



Trajectoires des planètes dans Stellarium, ciel retouché et grisé.

► PARTIE 2 : EXPLOITATION DE DOCUMENTS

Les documents étudiés permettront de :

- Préciser le vocabulaire.
- Différencier les objets visibles dans le ciel.
- Apporter des données chiffrées pour se faire une première idée des tailles des objets et des distances qui les séparent dans notre système solaire.

Rechercher des définitions des termes

Lors du débat, les élèves manient un vocabulaire assez riche, mais le sens associé aux mots utilisés n'est pas toujours précis et certains termes nécessitent des explications. Exemple de dialogue :

Élève : *La Terre et les planètes, c'est de la poussière des étoiles.*

Maître : *C'est quoi une étoile ?*

Élève : *C'est un astre.*

Élève : *C'est une grosse boule de gaz ; on ne peut pas marcher dessus, c'est pas comme une planète.*

Élève : *C'est un Soleil qui éclate à des millions de kilomètres.*

Maître : *Alors, le Soleil, c'est une étoile ?*

Élève : *????*

Élève : *C'est une boule de feu...*

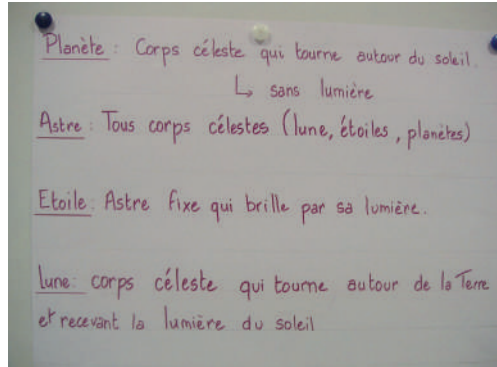
Maître : *Et la Lune ?*

Élève : *C'est le soleil de la nuit ; elle arrive quand le Soleil part.*

À l'issue d'une séance de travail, alternant recherches documentaires et mises en commun, les différents groupes ont pu donner une définition précise des termes qu'ils avaient à expliquer.



Rechercher des informations.



Formuler des définitions.

La distinction entre *étoile*, qui produit de la lumière, et *planète*, qui ne fait que renvoyer la lumière qu'elle reçoit de l'étoile, est aussi importante que leurs mouvements relatifs.

Répondre aux questions qu'on se pose sur le système solaire

Cette recherche requiert que les élèves repèrent, sélectionnent et prélèvent les renseignements pertinents dans une multitude d'informations au sein de documentaires, encyclopédies et supports informatiques (cédéroms, sites internet).

Après une première approche libre, une grille de recherche pourra être construite, de façon à systématiser les informations et ne pas se noyer dans une littérature très vaste.

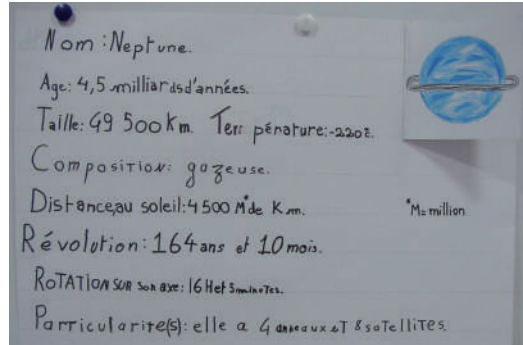
Objets des recherches

- Le Soleil.
- Les 8 planètes.
- La Lune.
- Éventuellement d'autres objets qui auront pu être cités : comètes, astéroïdes, planètes naines... ▶▶

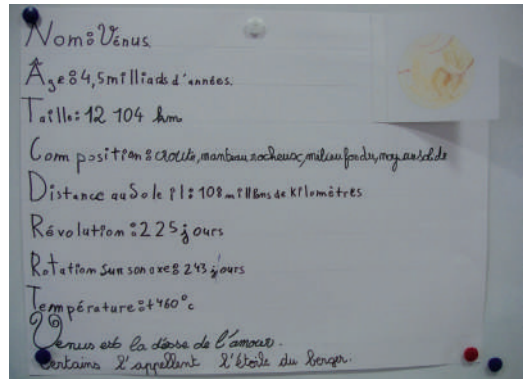


►► **Exemple de guide de recherche**

- Nom de l'objet. Quelle est l'origine ou la signification de ce nom ?
 - Nature : étoile, planète, autre (préciser). Cet objet est-il solide, gazeux ? De quoi est-il constitué ?
 - Quelle est sa taille ?
 - Où se trouve-t-il dans le système solaire ?
 - Quel est son mouvement ? Tourne-t-il sur lui-même ?
 - Peut-on vivre à sa surface ? Pourquoi ?
 - Les hommes ont-ils déjà visité cet objet ? Comment ? (Sonde automatique, robot à sa surface, visite d'astronautes.)
 - Peut-on voir facilement cet objet depuis la Terre ? À l'œil nu ? Avec des jumelles ? Avec un télescope ?
 - Possède-t-on des photos de cet objet ?
 - Quels sont ses traits marquants ?
- Pour mutualiser les données recueillies, on utilisera un affichage sous forme de « carte d'identité » des différents objets du système solaire.



Renseigner la grille d'informations (Neptune).



Renseigner la grille d'informations (Vénus).



Extraire des informations.

Mais les documents sont aussi l'objet d'un travail sur la schématisation. On demandera aux élèves de comparer et classer les différents schémas du système solaire proposés dans les documents :

- Quelles sont les ressemblances et les différences ?
- Comment est représentée la Terre ?
- Où est le pôle Nord sur le schéma ?
- Quelles sont les tailles relatives des planètes ?
- Une échelle est-elle donnée ?
- Comment comprend-on que les planètes se déplacent autour du Soleil ?

On distinguera les vues en perspective, dans lesquelles les trajectoires des planètes sont représentées par des ovales (ellipses), et les vues de dessus où elles sont représentées par des cercles. De fait, les trajectoires sont quasi circulaires (l'écart par rapport à un cercle tient dans l'épaisseur du trait qui représente la trajectoire). On fera dessiner aux enfants ce qu'ils voient lorsqu'ils regardent un cerceau sur la tranche, de côté ou par-dessus. Ils comprendront alors que les ovales correspondent à une vue en perspective.



Tracé pour représenter le Soleil.

Une première approche quantitative des tailles et des distances

- Quelle est la planète la plus grosse ?
- La plus petite ?
- Celle qui a sensiblement la même taille que la Terre ?
- Deux autres planètes sont quasiment de taille identique, lesquelles ?

À partir des données collectées par les élèves (lors de la recherche documen-

taire) et des fiches d'identité produites, un tableau des données peut être bâti pour faciliter la comparaison des grandeurs.

La variabilité, d'un document à l'autre, des données factuelles (par exemple, le nombre de satellites des planètes gazeuses) et celle des données numériques sur les tailles ou les distances interrogent les élèves :

Quand la trajectoire d'une planète est une ellipse, la distance au Soleil n'est pas constante et présente un maximum et un minimum entre lesquels on fait une moyenne. Le diamètre des planètes gazeuses est plus mal connu que celui des planètes telluriques (non gazeuses, comme la Terre).

Deux pistes sont à explorer :

- La fiabilité des ressources repérées en interrogeant le statut du document... ou son âge, car les connaissances évoluent !
- La discussion sur les approximations, les arrondis et les troncatures.

Pour les enfants, 1 000 km, ce n'est pas rien et un tel écart entre deux valeurs les rend perplexes. Un travail sur les unités adéquates ouvre des horizons. En ce qui concerne les approximations, il s'agira de ne pas confondre troncature et arrondi : on fera comparer ce qu'on néglige dans un arrondi (au plus près) et dans une troncature (en omettant les chiffres au-delà d'un certain nombre). ▶▶



►► On pourra aussi comparer ce qu'on néglige dans un arrondi dans différentes situations de la vie quotidienne correspondant à des ordres de grandeur différents.

On donnera aux enfants plusieurs occasions de mesurer des longueurs, mais aussi des masses, des durées, des aires avec différents instruments de mesure, en utilisant différentes unités. On tient compte des millimètres (mm) pour mesurer des traits sur un cahier, des centimètres (cm) pour la hauteur d'un saut en EPS, mais seulement des mètres (m) pour mesurer la cour, et des kilomètres (km) pour un trajet en voiture.

On compte les mètres carrés (m²) de sa chambre, mais pas ceux de la surface de la forêt.

On compte les secondes (s) pour mesurer la durée d'une course en EPS, les minutes (min) jusqu'à la fin de l'heure, mais seulement les années ou demi-années pour son âge.

Le poids d'un enfant n'est pas au gramme (g) près, il le connaît en kilogrammes (kg), mais on achète au marché des ingrédients qu'on paye au gramme près.

Un tableau avec des diamètres des planètes et les distances de celles-ci au centre du Soleil pourra alors être construit en milliers de kilomètres pour les diamètres, ou en millions de kilomètres pour les distances.

Tableau 1 : valeurs arrondies des diamètres des planètes et de la Lune et des distances au Soleil

Objets	Diamètres (en milliers de km)	Distances moyennes au Soleil (en millions de km)
Soleil	1 391	0
Mercure	5	58
Vénus	12	108
Terre	13	150
Mars	7	228
Jupiter	143	778
Saturne	120	1 429
Uranus	51	2 878
Neptune	50	4 502
Lune	3	150

Premières valeurs issues de : http://pagesperso-orange.fr/la-voute-celeste/les_planetes.htm – Seconde valeurs, si différence, issues de : <http://kosmos.chez-alice.fr/planete2.htm>

La distance entre la Terre et la Lune varie entre 356 375 km et 406 720 km. En moyenne, elle est de 384 400 km. La distance de la Lune au Soleil est donc de 150 millions de km +/- 384 mille km.

On pourra ensuite comparer les tailles des planètes et leurs distances au Soleil dans une perspective de construction de maquette.

► PARTIE 3 : RÉALISER DES MAQUETTES DU SYSTÈME SOLAIRE EN MODÈLE RÉDUIT

Une discussion sera lancée pour faire préciser ce qu'est un modèle réduit :

- Une voiture ou un bateau miniature, une poupée, sont-ils des modèles réduits ?

- Quelles propriétés particulières présente un modèle réduit ?

- Une poupée Barbie est-elle un modèle réduit ?

On s'accordera sur le fait que les proportions sont respectées, que toutes les dimensions ont été réduites d'un même facteur (de la même façon).

On se propose donc de construire une maquette en trois dimensions d'un modèle réduit du système solaire, modèle héliocentrique cette fois.

On fera reformuler, pour que cette idée soit prise en compte dans toutes ses exigences, avant de sélectionner les informations nécessaires parmi celles qu'on a rassemblées.

Comparer les tailles des planètes

On proposera d'abord de construire des représentations des planètes à la même échelle, mais sans se soucier de rendre compte de leur distance au Soleil. L'affichage des disques représentant les planètes fait apparaître des écarts pour une même planète :



Comparaison des tailles des modèles réduits de planètes.

Le rangement des planètes par ordre de taille (sur la base des tailles réelles et sur celle des tailles réduites calculées) permettra d'éliminer les erreurs de calcul ponctuelles : l'ordre ne doit pas changer si l'on applique un même facteur d'échelle à toutes les planètes. Les calculs sont ensuite repris pour obtenir des résultats convergents et s'accorder sur un facteur d'échelle commun.

L'échelle utilisée pour comparer les tailles des planètes a été de 1 cm pour 10 000 km, soit 10 milliers de cm, soit 1/1 000 000 000.

Si l'on compare les planètes ainsi représentées au disque du Soleil tracé sur une grande feuille de papier à la même échelle, on réalise qu'il est bien plus grand que toutes les planètes !

C'est ainsi que, lors de l'observation du transit de Vénus devant le Soleil (le dernier en date 8 juin 2004), on a vu se déplacer une tache de la taille d'une lentille sur un potiron...

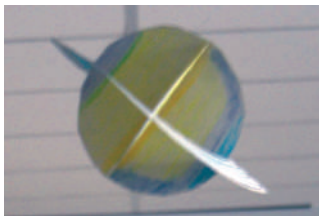
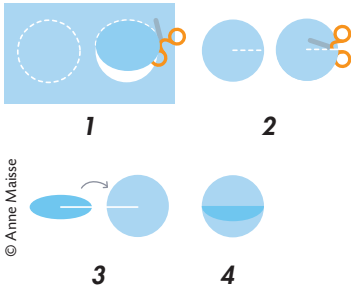


Comparaison des tailles des planètes et du Soleil à la même échelle.



►► **Pour représenter
des planètes en volume
Avec des disques de carton**

- Découper 2 disques de même diamètre.
- Tracer puis découper une fente selon un rayon, sur chaque disque.
- Emboîter les 2 disques l'un dans l'autre.



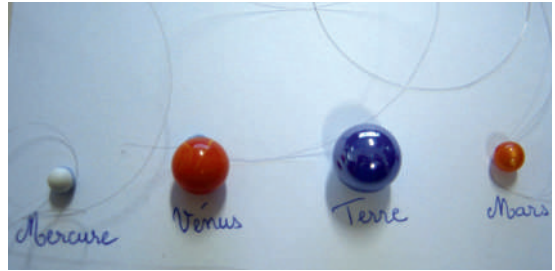
Saturne en 3 dimensions.



Jupiter.

**Avec des perles, des billes,
balles et ballons**

Il est possible de trouver des boules dont le volume se rapproche des volumes réduits des planètes :



Des boules aux bonnes dimensions.

Pour représenter les plus grosses planètes (Jupiter et Saturne), on peut gonfler un ballon de baudruche de façon à ce que son diamètre soit proche du diamètre calculé. On peut ensuite coller, à la surface, des bandes de papier journal avec de la colle liquide. Une fois sèche, il sera possible de peindre cette « écorce ».



Planète en papier séché sur un ballon de baudruche.

La représentation des planètes par des disques permet de comparer leur diamètre, mais non leur volume : Saturne a un diamètre environ 10 fois plus grand que celui de la Terre, mais un volume 1 000 fois supérieur ! La comparaison entre capacités pour des sphères de diamètres différents – ou pour des cubes d'arêtes différentes – peut être réalisée en mesurant quel volume d'eau est nécessaire pour les remplir.

Comparer les distances des planètes au centre du Soleil

Les enfants n'ont, pour la plupart, aucune notion des distances et de l'immensité du système solaire (d'autant plus que les représentations ou schémas qu'ils ont pu en voir ne sont pas à l'échelle !).

Les laisser utiliser la même échelle pour représenter les tailles des planètes et les distances des planètes au Soleil est donc indispensable pour leur permettre d'évaluer les dimensions au sein du système solaire, même si la maquette ainsi calculée sort de la classe et même de l'école !

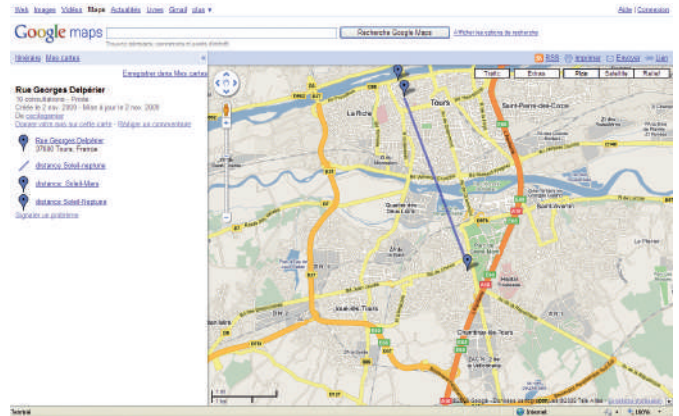
Dans la maquette, la Terre, représentée par un disque (ou une boule) de 1,3 cm de diamètre, sera située à 150 m du Soleil, représenté par un disque de 139 cm de diamètre. Quant à Neptune, la planète la plus éloignée du Soleil, elle sera située à 4 500 m, soit 4,5 km du disque solaire !

Pour que les enfants réalisent cette maquette, il convient de placer d'abord le Soleil, puis de compter 58 grands pas pour placer Mercure, 108 grands pas pour placer Vénus, 150 grands pas pour placer la Terre, 228 grands pas pour placer Mars...

Pour les autres planètes, il faudra probablement sortir de l'école. Les tailles et distances dans le système solaire prendront ainsi toute leur ampleur !

On confiera aux enfants une reproduction du plan du quartier, du village ou de la ville (disponible sur *Google maps*, par exemple, ou bien un extrait d'une carte IGN de la Région). On

repérera l'échelle du plan, puis on situera l'emplacement des planètes qu'il n'a pas été possible de placer dans l'enceinte de l'école.



Maquette virtuelle dans Google maps : placement de Neptune.

Un changement d'échelle pour représenter les distances de façon plus accessible

Pour représenter l'ensemble des planètes autour du Soleil, on réalisera une maquette qui utilise une échelle différente de celle choisie pour représenter les tailles relatives des planètes. Dans ce cas, il est indispensable de disjoindre les deux maquettes. Pour éviter toute ambiguïté, chaque planète sera représentée par un drapeau ou une étiquette, et non par une boule. On peut, par exemple, rapporter toutes les distances à une même valeur, par exemple la distance Soleil-Terre qui constitue 1 unité astronomique (1 UA = distance Soleil-Terre = 150 millions de km). On sera amené, à nouveau, à travailler sur les arrondis des résultats donnés par la calculatrice. ▶▶

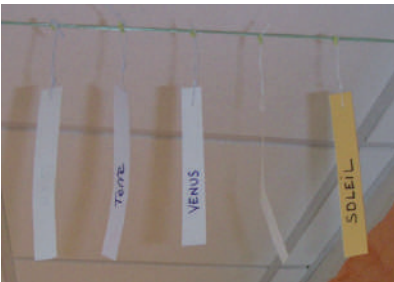


Objets	Distances moyennes au Soleil en UA
Soleil	0
Mercure	0,39
Vénus	0,72
Terre	1
Mars	1,52
Jupiter	5,2
Saturne	9,54
Uranus	19,2
Neptune	30
Lune	1

L'échelle utilisée pour comparer les distances des planètes au Soleil a été de 15 cm pour 1 UA sur la maquette en ligne et de 3 cm pour 1 UA sur la maquette en plan.



Maquette en plan.



Maquette en ligne.

L'intérêt d'une maquette en plan par rapport à une maquette en ligne est de faire apparaître la variation des distances entre les planètes selon leur

position respective autour du Soleil. Ainsi, la distance Terre-Mars est de $228 - 150 = 78$ millions de kilomètres lorsque Mars est au plus proche de la Terre, alors qu'elle est de $150 + 228 = 378$ millions de kilomètres lorsque Mars est au plus loin de la Terre.

Un changement d'unité pour comparer les distances dans le système solaire et hors du système solaire

Pour comparer avec des distances beaucoup plus grandes (où l'on se perd dans les zéros), on fera calculer combien de temps met la lumière pour aller du Soleil aux différentes planètes, puis aux confins du système solaire, puis jusqu'à une autre étoile, puis jusqu'à une autre galaxie... Voilà une autre façon d'appréhender les ordres de grandeur ! On commencera, pour cela, par faire calculer le temps que l'on met pour aller à vitesse constante (100 km/h, par exemple, vitesse convenable sur autoroute) à différentes villes de France ou du monde. Puis on changera de projet vers des destinations plus lointaines : combien de temps à cette vitesse pour aller sur la Lune ? Sur le Soleil ? Et si l'on va plus vite ? Aussi vite que la lumière ?

La lumière se déplace à 300 000 km par seconde. Pour parcourir les 150 000 000 de kilomètres qui séparent le Soleil de la Terre, elle met donc 500 secondes, soit environ 8 minutes. En 10 heures, la lumière émise par le Soleil se trouve aux confins du système solaire. Il lui faudra 4 ans pour atteindre la plus proche étoile, 2 millions d'années pour changer de galaxie et 15 milliards d'années pour atteindre le « bout » de l'univers connu.

► PARTIE 4 : L'UNIVERS DANS LES CULTURES

Dans toutes les parties de notre planète, l'Univers a inspiré les hommes : ils ont peuplé le ciel de figures familières ; ils ont créé des mythes sur les origines et, plus récemment, se sont projetés dans l'Univers en extrapolant les connaissances scientifiques.

De nombreux textes peuvent être proposés aux enfants sur les légendes liées aux constellations, tel celui sur la Grande Ourse et la Petite Ourse, constellations en général bien identifiées.

On trouvera d'autres légendes dans :

- *Légendes et contes des Indiens d'Amérique*, de Vladimir Hulpach, Gründ.
- *Légendes du Soleil, de La Lune et des étoiles*, de Serych Jiri, Gründ.

On cherchera les explications que les hommes ont données de la Voie lactée :

→ La Voie lactée serait une traînée de lait giclant du sein d'Héra qui nourrissait le jeune Héraclès (Hercule).

→ La traînée blanche serait la trace de l'incendie causé par Phaéton lorsqu'il vola le chariot de feu (le Soleil) à son père Hélios et ne put le maîtriser.

→ Mais c'est aussi le chemin qui guide les pèlerins chrétiens vers Saint-Jacques-de-Compostelle, ou les musulmans vers La Mecque.

On pourra également lire les légendes suivantes :

- *Le berger et la fileuse de nuages* : légende de Chine, dans *Mille ans de contes - Mythologie*, de Georges Sourine, Milan.

Deux ourses polaires...

La déesse Junon était tout, sauf une douce et tendre épouse : jalouse, coléreuse, vindicative, elle compliquait à loisir la vie de Jupiter, le dieu des dieux. C'est pour cela que, très souvent, il quittait l'Olympe pour trouver, parmi les humains, la tendresse qui lui manquait... Et ces multiples aventures finissaient souvent mal... C'est au cours d'une de ces visites qu'il s'éprit de la belle Callisto... et ce qui devait arriver arriva : un bel enfant, que l'on nomma Arcas ! Dans un de ses accès de jalousie, rageuse, Junon se vengea, en transformant Callisto en ourse, la condamnant à errer sans fin dans la forêt !

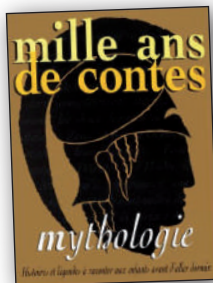
Arcas grandit, devint un solide gaillard et un chasseur redoutable. Nul ne pouvait éviter ses flèches... On se doute qu'au cours de ses parties de chasse, il ne manqua pas de rencontrer une ourse, qu'il visa avec application. Heureusement, Jupiter, omniprésent, vit le drame se préparer et sut résoudre le problème : Arcas fut transformé lui aussi en jeune ourson, qui s'empressa de suivre sa mère dans la forêt ! Ce sont ces deux animaux qui trônent au Nord, très haut dans le ciel d'Avril.

Source : <http://www.ac-nice.fr/clea/Avril.html>

- *Le lait d'Héra* : légende de Grèce, dans *Mille ans de contes - Mythologie*, Milan.
- *Nyoko l'affamé* : légende d'Amérique du Nord, dans *L'Arbre à soleils*, d'Henri Gougoud, Le Seuil.

Plusieurs sites sont dédiés aux origines des noms des astres, par exemple : <http://bugle.imcce.fr/fr/grandpublic/systeme/promenade/pages4/443.html>

Un travail pourra être mené sur les différents types de texte en comparant (lexique, emploi des temps, présence ou pas des sensations du personnage, présence ou pas d'événements historiques réels...), par exemple, un texte





►► racontant comment Galilée fit ses découvertes et un texte plus scientifique sur les résultats des observations du savant (cf. encadrés ci-après). ■

Texte 1

Il était 20 heures locales en ce 20 septembre 1610. Une nouvelle nuit douce et calme s'annonçait à Arcetri. La brume se glissait nonchalamment à travers le paysage, tandis que les senteurs méditerranéennes de l'herbe humide et de la résine des cyprès remontaient sur la terrasse. Pour l'heure, le Soleil était déjà loin sous l'horizon et Galilée s'accordait quelques heures pour observer le ciel et consigner comme d'habitude ses résultats dans ses cahiers.

Pour la première fois depuis longtemps, Galilée était seul et comptait bien profiter de cette liberté pour se plonger dans l'étude de la Lune et des planètes et dévoiler d'autres mystères du grand Abîme du monde supra lunaire...

Source : <http://www.astrosurf.com/luxorion/galilee-hommage3.htm>

Texte 2

Dès 1597, Galilée entretient une correspondance amicale avec Kepler, où il lui confie son ralliement à la théorie de Copernic, mais ne se sent pas encore le courage de publier quoi que ce soit à ce sujet : il n'a encore, en effet, guère d'arguments du « monde sensible » à avancer. Il est encore bien dangereux de s'opposer ouvertement aux Écritures Saintes : Giordano Bruno sera brûlé par l'Inquisition à Rome en 1600, pour avoir soutenu des idées astronomiques trop anticonformistes...

Mais en 1604, une nouvelle étoile apparaît dans le ciel!... La sphère des fixes ne semble donc pas si figée dans l'éternité et la perfection... Galilée donne quelques cours à ce sujet, il commence à diverger des thèses officielles.

Dès la fin du XVI^e siècle, des lentilles commencent à se répandre, depuis la Hollande, dans le monde. Elles servent de verres de correction. Quelques premières longues-vues sont même fabriquées et utilisées. Galilée entend parler de cette invention et parvient à en fabriquer de bonne qualité. Il tourne la meilleure d'entre elles vers le ciel...

Source : site Robert in Space : <http://pagesperso-orange.fr/philippe.boeuf/robert/portraits/galilee.htm>

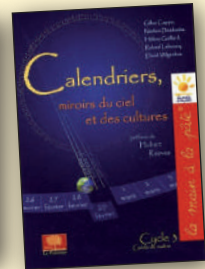
Les illustrations de ce dossier sont © La main à la pâte, sauf mentions contraires.

Bibliographie pédagogique pour le maître

- *Explorer le ciel est un jeu d'enfant*, de M. Hartmann, Le Pommier.
- *Calendriers, miroirs du ciel et des cultures*, Le Pommier.

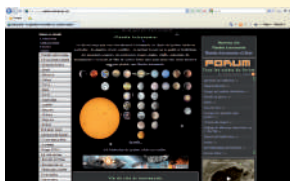
Sitographie scientifique pour le maître

- <http://www.astrosurf.com/luxorion/index.htm>



Bibliographie scientifique pour les élèves

- *La famille du soleil*, d'Anna Alter, Philippe Testard-Vaillant et Emmanuel Mercier, Milan, coll. « L'encyclopédie buissonnière ».
- *À la rencontre des planètes*, de Nicholas Harris, Sebastian Quigley et Gary Hincks, Casterman.
- *Atlas de l'espace*, de Nicholas Harris et Sebastian Quigley, Lito.
- *Voyages dans le système solaire* (+ DVD vidéo), d'Anne Willemez et Laure Salès, Fleurus, coll. « Voir les sciences ».
- *L'Univers*, d'Alan Dyer, Larousse, coll. « Explore ».
- *Étoiles et planètes*, de Robin Kerrod, Gallimard jeunesse, coll. « Les yeux de la découverte ».
- *L'Univers*, d'Heather Couper et Nigel Henbest, Seuil, coll. « Guides pratiques jeunesse ».



Sur le système solaire

- <http://www.planete-astronomie.com>

- <http://astronomie.haplosciences.com/systeme.html>
- <http://villemin.gerard.free.fr/Science/Planete.htm>
- <http://kosmos.chez-alice.fr/planete2.htm>
- <http://www.astrosurf.com/luxorion/galilee-hommage3.htm>

Sur l'histoire de l'astronomie

- <http://www.fab128.net/astro/dossier1/dossier1.html>

Légendes du ciel

- <http://www.ac-nice.fr/clea>
- <http://www.astrosurf.com/domaubin/index2.htm>
- http://pagesperso-orange.fr/mondalire/etoiles/etoiles_mytho.htm
- <http://astrosurf.com/nicoastro/leo.htm>



Sur les constellations

- <http://acces.inrp.fr/clea/lunap/Constellations>
- <http://pagesperso-orange.fr/astroclub.toussaint/Hiver/Hiver.htm>
- <http://cosmobranch.free.fr/Mythes/Constellations.htm>
- <http://www.astrosurf.com/chouettastro/constellations>
- <http://www.faaq.org/bibliotheque/constellations/pagdt100.htm>

